

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-106206

(43)Date of publication of application : 11.04.2000

(51)Int.Cl.

H01M 8/04

H01M 8/10

(21)Application number : 10-278608

(71)Applicant : MAZDA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 30.09.1998

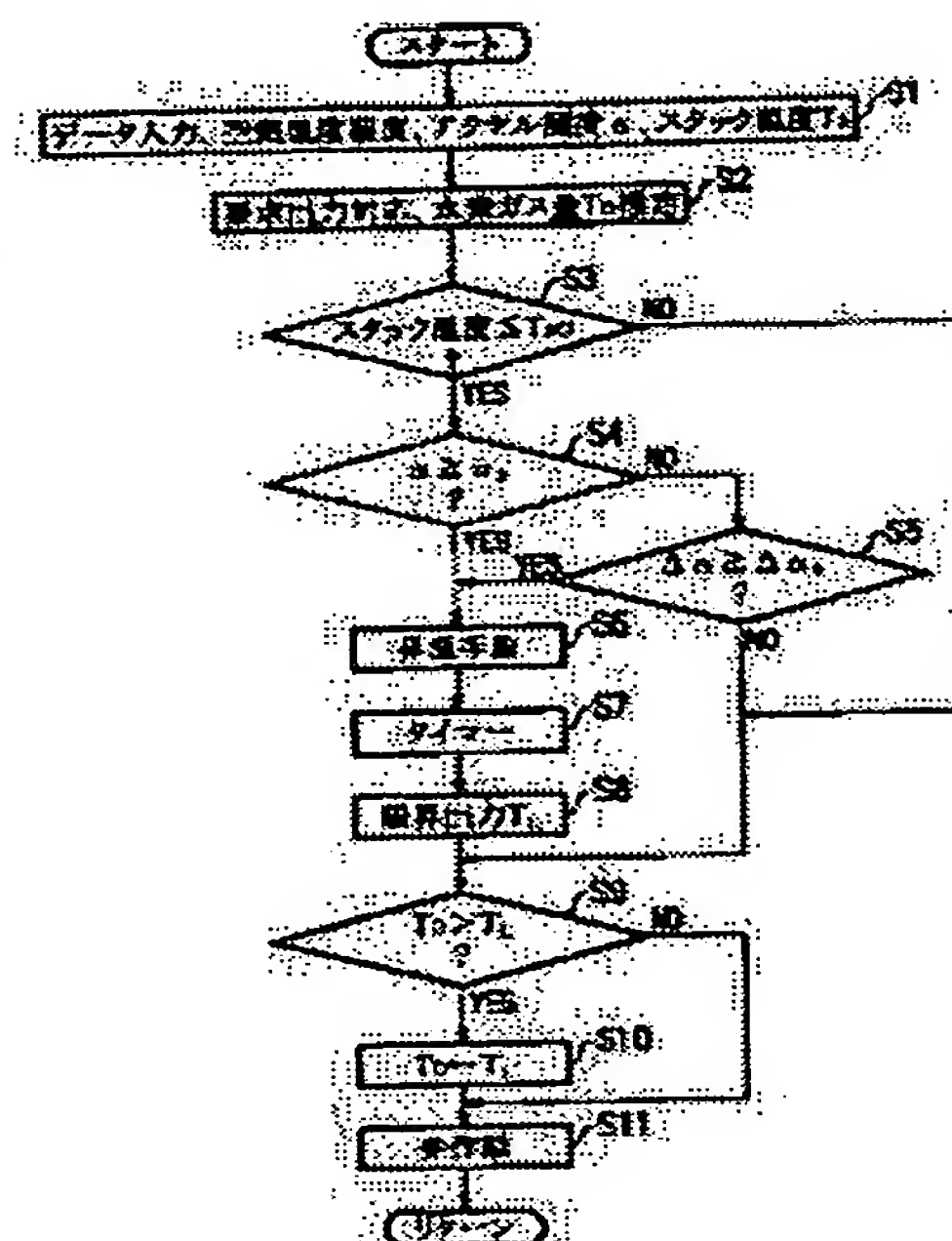
(72)Inventor : HIRANO SHINICHI
EKUSA KENICHIRO
INAME TSUTOMU
WATANABE SHOGO

(54) FUEL CELL SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fuel cell system, capable of rapidly and smoothly starting the output of a fuel cell by solving the problem of the decrease in output due to a sudden flooding phenomenon at a cathode that occurs at relatively early stages after the start of operation.

SOLUTION: Accelerator opening α , stack temperature T_s , and the like are read. From the accelerator opening α , the output required is estimated, and the corresponding amount T_0 of hydrogen gas to be introduced into a fuel cell is calculated. Whether or not the stack temperature is higher than a predetermined value T_{s0} is determined. Whether or not the accelerator opening α is greater than a predetermined value α_0 , and whether or not a variation (increase) $\Delta \alpha$ in accelerator opening is greater than a prescribed value $\Delta \alpha_0$ are determined. A threshold T_1 for hydrogen gas introduction limit that corresponds to the output limit value of the fuel cell under the current condition is calculated. When the threshold T_1 is smaller than the amount T_0 of hydrogen gas corresponding to the required output, the threshold T_1 is used as the amount T_0 of hydrogen gas to be actually introduced into the fuel cell and a control signal is outputted, so that a valve 28 attains a prescribed opening.



*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]An anode catalyzer electrode in which it is arranged at one electrolyte membrane side, and fuel gas is supplied, A cathode catalyzer electrode in which it is arranged at the another side side of an electrolyte membrane, and oxidizing gas is supplied, In a fuel cell system provided with a fuel gas supplying means which supplies fuel gas to said anode catalyzer electrode, and an oxidizing gas feeding means which supplies oxidizing gas to said cathode catalyzer electrode, A fuel cell system when it is in a state where temperature of atmosphere of said electrolyte membrane is lower than prescribed temperature, wherein a reaction limit means which restricts a reaction of said fuel gas or oxidizing gas is established.

[Claim 2]A fuel cell system characterized by said reaction limit means coming to restrict a reaction of said fuel gas and oxidizing gas when ambient temperature of said electrolyte membrane is low and an output request to a fuel cell is larger than predetermined in Claim 1.

[Claim 3]A fuel cell system restricting the amount of supply of fuel gas in Claim 2.

[Claim 4]A fuel cell system characterized by thickness of said electrolyte being below a specified value in Claim 2.

[Claim 5]A fuel cell system, wherein oxidizing gas is introduced into a fuel cell system not passing through a humidifier and said electrolyte membrane is humidified in Claim 4 by moisture brought about by fuel gas.

[Claim 6]A fuel cell system having a temperature-up means for raising ambient temperature of an electrolyte membrane when required power [as opposed to / ambient temperature of an electrolyte membrane is low, and / a fuel cell] is beyond a specified value in Claim 1.

[Claim 7]A fuel cell system having a required power estimation means which presumes required power to said fuel cell system in Claim 6.

[Claim 8]A fuel cell system characterized by said temperature-up means being a force means of fuel gas or oxidizing gas in Claim 6.

[Claim 9]A fuel cell system characterized by said temperature-up means being a heater which heats circulating water of a fuel cell system by a generation output by a fuel cell system in Claim 6.

[Claim 10]In Claim 1, a fuel cell system is further provided with a actual output detecting means which detects a value about an actually generated actual output, A fuel cell system characterized by said reaction limit means coming to restrict a reaction of fuel gas and oxidizing gas when change of said actual output corresponding to change of required power to a fuel cell system is below a specified value.

[Claim 11] A fuel cell system restricting a reaction of fuel gas and oxidizing gas in Claim 10 when ambient temperature of an electrolyte membrane is lower than a specified value.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to proper and efficient moisture supply control to the nature film of electric field of a fuel cell especially about a fuel cell.

[0002]

[Description of the Prior Art]The fuel cell can attain a high energy conversion efficiency and high power efficiency. For this reason, the fuel cell attracts attention as the power supply for movement, or the source of power of an electromobile. The power generation element constituted by a fuel cell putting the electrolyte membrane of hydrogen ion conductivity with the carbon electrodes which supported the platinum catalyst, That is, while forming the gas passageway for supplying each reactant gas to an electrolyte membrane-electrode conjugate and each electrode surface, it has the structure which laminated the gas separating component which supports a power generation element from both sides. And hydrogen gas, i.e., fuel gas, is supplied to one electrode, oxygen or air, i.e., oxidizing gas, is supplied to the electrode of another side, and the chemical energy concerning the oxidation-reduction reaction of reactant gas is extracted as direct electrical energy. That is, in the anode side, hydrogen gas ionizes and it moves in the inside of an electrolyte, and an electron can be moved to the cathode side through external load, and can take out the electrical energy by a series of electrochemical reaction which reacts to oxygen and generates water.

[0003]Since a hydrogen ion moves with a water molecule in the inside of an electrolyte membrane, if an electrolyte membrane dries, the phenomenon in which ionic conductivity falls and an energy conversion efficiency falls will arise. For this reason, in order to maintain good ion conduction, it is necessary to control so that an electrolyte membrane holds a fixed moisture content. Since a hydrogen ion moves with a water molecule in the inside of an electrolyte membrane, if an electrolyte membrane dries, ionic conductivity will fall and an energy conversion efficiency will fall. For supply of the moisture to an electrolyte membrane, the humidifying device for humidifying fuel gas and oxidizing gas was formed with the conventional structure. Without installing a humidifying device specially, the moisture content of gas is adjusted and the fuel cell it was made to lead to an electrolyte membrane is also known.

[0004]JP,H9-63620,A has disclosed the fuel cell which pressurizes this by an air compressor after reducing CO of air gas, is compressed after making air gas into an elevated temperature, is cooled with an intercooler, and was introduced into the air pole after that. Thus, when the fuel cell system which does not form a humidifying device promotes miniaturization of a system, it is preferred. However, if the moisture content of an electrolyte membrane becomes superfluous, it is also known that the reaction efficiency of fuel gas and oxidizing gas will fall, and the output power of a fuel cell will decline on the contrary. Therefore, it is necessary to perform properly control of the moisture content of the fuel cell system under operation.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]In the case of the vehicles which carry a fuel cell system, since the gas volume and temperature which the temperature of an electrolyte membrane is low and circulate through operation immediately after a start are low, reaction efficiency is also low. In particular, in the early stages of operation at the time between the colds, etc., the temperature of the fuel cell system is low as a whole. Then, while reaction efficiency improves and current increases according to an electrolytic temperature, the amount of circulating gas, and gas temperature rising, the output of a fuel cell also increases. According to this invention persons' research, if operation is continued from the start of operation of a fuel cell, current and an output will increase proportionally mostly, but. When the ambient temperature of an electrolyte membrane, i.e., the temperature of a fuel cell, was low, and the current value reached the specified value (for example, about 40 A) compared

with the usual temperature state, it became clear that the phenomenon in which voltage and an output decline rapidly as shown in drawing 1 thru/or drawing 2 arose.

[0006]However, when it carries a fuel cell system in a car, it is very inconvenient as the source of power of a car that loss of power arises after a start up in this way. Inventors' research also shows requiring most time, although an output will be recovered after that once loss of power arises. It is expected that the cause which the phenomenon of this loss of power produces results from the flooding resulting from the produced water generated by the reaction of fuel gas (hydrogen gas) and oxidizing gas (air). That is, as described above, in the anode side, hydrogen gas ionizes, the inside of an electrolyte is moved to the cathode side, it reacts to oxygen by the cathode side, and water is generated. In this case, as for a hydrogen ion, a hydrogen ion moves with a water molecule in the inside of an electrolyte membrane. Therefore, if the moisture content which an electrolyte membrane holds increases, ionic conductivity will improve, the circulating load of a hydrogen ion will increase, and the output of a fuel cell will also increase corresponding to this.

[0007]on the other hand, in the cathode terminal side, while combining with a hydrogen ion and oxygen ion and producing produced water, company water is also carried in with the hydrogen ion from the anode electrode side — it becomes rattlingly. As a result, in the cathode terminal side, with increase of a hydrogen ion, the moisture content by the side of a cathode terminal becomes superfluous, contact with a hydrogen ion and oxygen is checked and reaction efficiency is reduced to the cathode terminal side. And according to inventors' research, the superfluous-ized phenomenon of the moisture in a cathode terminal occurs rapidly, and depression of the output which results from this also tends to arise rapidly, so that the current of a fuel cell and increase of an output become rapid.

[0008]

[Means for solving problem]This invention solves the problem of the loss of power based on the rapid flooding phenomenon by the side of the cathode terminal produced in the comparatively early stage after the start up of a fuel cell system, and an object of this invention is to provide the fuel cell system which can perform the standup of the output of a fuel cell promptly and smoothly. The anode catalyzer electrode in which the fuel cell system of this invention is arranged at one electrolyte membrane side, and fuel gas is supplied, The cathode catalyzer electrode in which it is arranged at the another side side of an electrolyte membrane, and oxidizing gas is supplied, In the fuel cell system provided with the fuel gas supplying means which supplies fuel gas to said anode catalyzer electrode, and the oxidizing gas feeding means which supplies oxidizing gas to said cathode catalyzer electrode, When the ambient temperature of said electrolyte membrane is in a state lower than prescribed temperature, the reaction limit means which restricts the reaction of said fuel gas or oxidizing gas is established. The ambient temperature of an electrolyte membrane corresponds to the laminated structure of a fuel cell, i.e., the temperature of a stack.

[0009]From the state which is low, and is not good, temperature rises and this invention functions effective in the transition stage to a state with good reaction efficiency mainly, for example. [of the temperature of the whole systems at the time of the start up between the colds, etc.] In a desirable mode, when the ambient temperature of an electrolyte membrane is low and the output request to a fuel cell is larger than predetermined, said reaction limit means restricts the reaction of said fuel gas and oxidizing gas. A typical reaction limit means is constituted so that the amount of supply of fuel gas may be restricted. In this case, the thickness of said electrolyte is set less than to the specified value, for example, 20 microns. It is preferred from the field of reaction efficiency to form an electrolyte membrane thinly as much as possible by inventors' research. However, since the moisture capacity which can hold an electrolyte membrane will decrease if thickness is made thin, change of few moisture contents affects the reaction mechanism of a fuel cell. For this reason, it becomes easy to produce the flooding phenomenon by the side of the above-mentioned cathode terminal by moisture content change accompanying the current change after the above-mentioned start up, and an output change.

[0010]A reaction limit means of this invention functions effectively especially, when thickness of an electrolyte membrane is thinly set up as much as possible targeting improvement in such reaction efficiency. Oxidizing gas is introduced into a fuel cell system in this case not passing through a humidifier, and said electrolyte membrane is humidified by moisture brought about by fuel gas. Smooth increase of output performance can be aimed at by controlling a flooding phenomenon in an output standup stage after a start up by the side of the above-mentioned cathode terminal, promoting a compact for a fuel cell system by constituting in this way. In a desirable mode of this invention, ambient temperature of an electrolyte membrane is low, and when required power to a fuel cell is beyond a specified value, it has a temperature-up means for raising ambient temperature of an

electrolyte membrane.

[0011]The temperature-up means can carry out overspeed r.p.m. of the force means of a compressor for compression of oxidizing gas, etc., can promote adiabatic compression of oxidizing gas, and it can constitute it so that gas may be heated. A heater which carries out direct heating of the gas to a temperature-up means may be used. In another desirable mode, it has a required power estimation means which presumes required power to said fuel cell system. An output request can be presumed from an accelerator opening, for example. A actual output which a fuel cell system actually generates still more preferably. For example, it has further a actual output detecting means which detects a value about electric power, current, voltage, etc., and when change of said actual output corresponding to change of required power to a fuel cell system is below a specified value, said reaction limit means restricts a reaction of fuel gas and oxidizing gas.

[0012]in this case, change of the actual output to the above-mentioned required power change is below a specified value — in addition, when the ambient temperature of an electrolyte membrane is still lower than a specified value, it is preferred to restrict the reaction of fuel gas and oxidizing gas.

[0013]

[Mode for carrying out the invention]As described above, the electrolyte membrane can form a current circuit outside by enabling movement of a proton, i.e., a hydrogen ion, by a moisture state, and the fuel cell which performs external work by this is formed. And although water generates by oxidation reaction in the cathode catalyzer electrode side of an electrolyte membrane, if this produced water becomes superfluous by the cathode catalyzer electrode side, the output performance of a fuel cell will decline. Therefore, in order to maintain output performance, it is necessary to control so that the produced water by a fuel cell reaction does not become superfluous. The moisture transfer model of the fuel cell which can apply this invention is shown in drawing 3.

[0014]As for the moisture transfer of solid polyelectrolyte membrane, the difference of an electroendosmose style and a back-diffusion-of-gas style is expressed with the following formulas using the amount of hydration of the appearance in solid polyelectrolyte membrane so that clearly from the above.

$J_M = Si/F$ (1) — here — the amount S of moisture transfer in J_M :solid polyelectrolyte membrane : The apparent amount i of hydration : current density (A/cm^2) — moisture content J_W generated by a reaction by the cathode side again — $J_W = i/2F$ It is expressed with (2).

[0015]Maximum $J_{A(MAX)}$ of the moisture amount of supply (J_A) by humidification by the side of an anode is expressed as follows.

$J_{A(MAX)} = (P_{W(T)} / (P_A - P_{W(T)})) i / 2aF$ (3) here, Capacity factor P_A : W [of hydrogen / supply-pressure P_A] (T) of hydrogen gas : a : Maximum $J_{C(MAX)}$ of a moisture content (J_C) which accompanies to air and is discharged at the saturated steam partial pressure cathode side at the temperature T (**), $J_{C(MAX)} = (P_{W(T)} / (P_C - P_{W(T)})) 5i / 4cF$ (4) Here, it is expressed with capacity factor P_C :air supply pressure of c :air.

[0016]The total quantity of amount of moisture transfer J_M which moves the above to solid polyelectrolyte membrane to the cathode side from the anode side during a reaction of an oxidation-reduction reaction in a fuel cell, and moisture content J_W generated by oxidation reaction, It is important that that moisture content J_C which accompanies air from the cathode side and is carried out out of a system balances and moisture content J_M which moves in inside of an electrolyte membrane, and moisture content J_A supplied to the anode side balance. When there is more moisture content J_C which accompanies air from the cathode side and is carried out out of a system than the total quantity of amount of moisture transfer J_M which moves an electrolyte membrane to the cathode side from the anode side, and moisture content J_W generated by oxidation reaction, it becomes impossible to secure a desired moisture content to the cathode side. When there is less moisture content J_A supplied to the anode side than moisture content J_M which moves in inside of an electrolyte membrane, the anode side produces a dryout and, in any case, reduces output performance of a fuel cell as a whole.

[0017]Maximum $J_{A(MAX)}$ of the moisture amount of supply (J_A) by humidification by the side of maximum $J_{C(MAX)}$ of a moisture content (J_C) which air accompanies to the cathode side and is discharged, and an anode is the amount of saturated steam at the temperature concerned,

respectively. Depending on temperature, a rise of temperature will increase rapidly this maximum J_C (MAX) and $J_{A(MAX)}$. Moisture amount-of-supply J_A by the side of an anode and amount of moisture company J_C by the side of a cathode will also increase, if temperature rises similarly. By the way, since a back-diffusion-of-gas style increases by making thickness of an electrolyte membrane thin, amount of moisture transfer J_M in an electrolyte membrane decreases as a whole. It is thought that a concentration gradient of moisture in an electrolyte membrane depends this Reason on becoming rapid between an anode side and the cathode side. Therefore, in order to prevent a problem of a dryout from arising in the anode side since moisture amount-of-supply J_A decreases to the anode side in [in a low temperature] operating, it is desirable to make thickness of an electrolyte membrane thin.

[0018]However, if the operating temperature of a fuel cell system becomes still lower, it will become impossible to discharge properly the produced water produced in the oxidation reaction by the side of a cathode contrary to the above-mentioned phenomenon, the superfluous state of moisture will occur in the cathode side, and the reaction efficiency of the whole electrolysis film will fall. When an operating temperature is low, he is trying to cancel depression reduction of the output of a fuel cell system until it inhibits the fuel cell reaction between fuel gas and oxidizing gas, it controls effectively the flooding phenomenon by the side of a cathode terminal and it goes up to temperature with a proper operating temperature in this invention. The output performance in a standup state after the start up of a fuel cell can be made to change good by this. If hydrogen gas runs short during operation of a fuel cell system, with advance of oxidation reaction, oxidation reaction of carbon of an electrode, etc. may occur and the problem that the electrode of a fuel cell is burned and damaged may arise.

[0019]In order to cope with this, when the tank (feeding means) of the reserve of hydrogen is formed and the supply pressure of a main tank falls below to a specified value, it is desirable to have a mechanism switched to a reserve tank (feeding means). Or when the supply pressure of hydrogen falls below in a specified value, it is desirable to control to lessen external load current and to suspend operation of a fuel cell system further.

[0020]

[Working example]Reference of drawing 4 shows a schematic view of the fuel cell system 1 according to one working example of this invention. In this system 1, the fuel cell stack 2 which laminated the above-mentioned solid polymer fuel cell is formed, and hydrogen as fuel gas is supplied to this fuel cell stack 2 via the feed pipe 3. A supply system of hydrogen gas is provided with the MH hydrogen storing metal alloy 4 as a hydrogen gas source of release, and the hydrogen storing metal alloy 4 of this example generates hydrogen gas by application of pressure. A supply pressure is adjusted with the hydrogen gas regulating valve 5 by which emitted high voltage hydrogen gas (about 5 atmospheres) was provided on piping of the feed pipe 3 (about about 1.5–3.0 atmospheres). And hydrogen gas adjusted to the specified quantity is led to the hydrogen gas humidifier 6 adjoined and installed in the fuel stack 2. Hydrogen gas from the fuel cell stack 2 is discharged from the fuel cell stack 2 via the hydrogen gas exhaust pipe 7, is introduced into the hydrogen gas return pipe 9 through the moisture condenser 8, and is introduced into the hydrogen circulating pump 10. The hydrogen gas return pipe 11 joins hydrogen gas feed pipe 3 by the downstream of the above-mentioned hydrogen-gas-pressure regulating valve 5, and constitutes a circulating course.

[0021]The air as oxidant gas is supplied to each cathode side of this fuel cell stack 2 via the feed pipe 12. The air supply system is provided with the air compressor 13 for pressurizing. Pressure up is carried out to 1.5 thru/or 3.0 atmospheres by this, and it is introduced into the fuel cell stack 2.

The air of the surplus from a fuel cell is wide opened by the atmosphere via the moisture condenser 14 from an air discharge pipe. The fuel cell system 1 of this example is provided with the moisture circulatory system for processing the moisture which hydrogen gas and air accompany from an electrolyte membrane in order that hydrogen gas may adjust the moisture content carried into an electrolyte. The water breathed out from the circulating water pump 15 provided with the circulating water pump 15 for this moisture circulatory system to give hydrologic cycle energy passes the piping 16a, is introduced in the hydrogen humidifier 6, contacts via hydrogen gas and a semipermeable membrane, and humidifies hydrogen gas. And by the water cycle system of this example, the piping 16b from the humidifier 6 is connected to the moisture condenser 14 of oxidizing gas.

It is returned to the inlet side of the circulating water pump 15 via here.

Piping from the hydrogen gas service-water part condenser 8 is also connected to the piping 16c of the inlet side of the circulating water pump 15.

The water from both moisture condensers 8 and 14 is built into the circulating water system for humidifiers.

[0022][0022]. As for ***** of this example, the stem 1 is ***** in part to the course of cooling-water-flow piping.

the predetermined chilling effect by cooling water is acquired by rare ***** and this — as .

The cooling-water-flow system of this example is provided with the cooling water pump 17.

From the cooling water pump 17 to the discharge-side piping 18, the radiator 19 is arranged, after being cooled by the radiator 19, the heat exchanger 20 of the discharge side of the air compressor 13 lets cooling water pass, and it cools the compressed air which adiabatic compression was carried out by the air compressor 13, and carried out the rise in heat by it.

And the fuel cell stack 2 lets the cooling water which passed through the heat exchanger 20 pass through the humidifier for hydrogen gas, and it adjusts the fuel cell stack 2 in a predetermined temperature requirement. That is, in operation between the colds of a fuel cell, after functioning as a heater and reaching prescribed temperature, it functions as an air conditioner.

[0023][0023]. Piping 12 ***** via which that of the air compressor 13 does not go with the piping 12a for which near piping goes via the heat exchanger 20.

it is *(ing) and the temperature of the air introduced into the fuel cell stack 2 can be controlled by adjusting the air content which passes these heat exchangers 20 — as .

The temperature sensor 21 which measures air temperature is formed in piping of the air introduced into the fuel stack 2 for this purpose. The temperature sensor 22 which plans temperature of hydrogen gas is also formed in the hydrogen gas circulatory system. In order to measure the pressure of these hydrogen and air, the pressure gauges 23 and 24 are formed, respectively. The fuel cell system 1 of this example is not provided with the humidifying device by the side of air.

[0024]While the fuel cell system 1 of this example is provided with the heater 25 for heating hydrogen gas in predetermined operational status, It has the electronic control (ECU) 26 constituted including a microcomputer preferably [in order to control the electric energy of this heater 25 and the hydrogen gas compressor 10]. Furthermore, in the discharge side of the air compressor 13, the flow control valve 27 which adjusts a flow is formed in the bypass channel 12b which bypasses the heat exchanger 20, and the amount of compressed air to the heat exchanger 20 can be adjusted now to it. Cooling control of the air temperature supplied to the fuel cell stack 2 by this if needed can be carried out. ECU26 outputs the control signal which performs opening adjustment of a flow control valve for this purpose.

[0025]At the operating temperature of a fuel cell, if less than about 50 **, moisture amount-of-supply (maximum) $J_{A(MAX)}$ by the side of an anode will stop being less than above-mentioned amount of moisture transfer J_M , and the problem of the dryout by the side of an anode will arise. Such a dryout is prevented and it is efficient, and in order to produce an electrolysis reaction, it is desirable to operate in about 50 to 70 **. On the contrary, produced water arises in the cathode side. humidifying hydrogen gas in the state where an operating temperature is low, in order to solve the problem of the above-mentioned dryout by the side of an anode — the superfluous state of the moisture [interval] by the side of a cathode is accelerated. When especially outside air temperature starts especially with prescribed temperature, for example, a temperature lower than about 5 **, superfluous moisture remains on an electrolyte membrane and checks an electrolysis reaction. The fuel cell system is the almost same temperature as outside air temperature immediately after the start up as mentioned above. After a start up, since adiabatic compression of the air is carried out by the air compressor, temperature rises. In connection with this, the rise in heat also of stack temperature and the hydrogen gas temperature is carried out. In this case, the rise in heat of a stack and the hydrogen gas is carried out with the almost same tendency. After a start up, if fixed time lapse is carried out, the rise in heat of air, a stack, and hydrogen gas will be lost, and temperature will become regular.

[0026]. The quantity of the hydrogen ion, i.e., a proton, which moves in the inside of an electrolyte membrane also reacts good few, and raises an output especially at the beginning of operation until temperature will rise and it will be in a stationary state, if operation is started in the state where the temperature of a fuel cell system is low. If this state advances, produced water will increase and the hydration state by the side of a cathode will occur. And when current goes up to a specified value, the cathode terminal side produces a flooding phenomenon and current and the rapid fall of an output arise. In order to cancel [this invention] such a situation, when there is a possibility of being when the ambient air temperature of an electrolyte membrane being low, and spoiling a proper electrolysis reaction condition, As the reaction of the hydrogen gas supplied to a fuel cell stack and oxygen is

inhibited, the flooding phenomenon by the side of a cathode is prevented, and he is trying to avoid reduction of the loss of power in the standup stage after the above starts up.

[0027]In ECU26, hydrogen gas temperature, air temperature, humidity, stack temperature, the hydrogen gas amount of supply, The signal showing physical quantity is inputted in the operating condition of vehicles and the operating condition of a fuel cell system which carry these fuel cell systems, such as air supply, a hydrogen gas supply pressure, air supply pressure, and an accelerator opening. And ECU26 controls the circulating load of hydrogen gas based on these input signals. Specifically, the electric energy of the flow control valve 28 for hydrogen gas and the hydrogen gas circulating pump 10, i.e., a compressor, is controlled. The amount of hydrogen gas introduced into the fuel cell stack 2 is controlled by this. The flow control valve 27 is formed in the bypass channel 12b of the heat exchanger 20.

By adjusting the flow of this flow control valve 27, ECU controls the air content which passes the heat exchanger 20, and controls the temperature of the supply air to the stack 2 by this.

[0028]This invention is for coping with a problem of rapid loss of power of a fuel cell resulting from a flooding phenomenon by the side of a cathode terminal which produces a fuel cell system as mentioned above in a comparatively early stage after a start up of vehicles carried as the source of power. For this reason, a fuel cell reaction is inhibited, and when stack temperature is below a specified value, quantity of produced water is controlled by this invention so that a flooding phenomenon by the side of a cathode terminal does not arise. Quantity of hydrogen gas especially introduced into the stack 2 is restricted, a reaction is inhibited, quantity of produced water is restricted, and flooding by the side of a cathode terminal is kept from arising. Paying attention to a correspondence relation whose amount of hydrogen gas and output of a fuel cell are almost the most important existing, the maximum output of a possible fuel cell is specifically set up in the range which flooding does not produce, and the hydrogen gas amount of supply is controlled to become this output within the limits.

[0029]With reference to a flow chart of drawing 5, an example of operation of a fuel cell system according to this invention is explained. First, ECU26 inputs various detected information, namely, reads air-temperature humidity and accelerator opening alpha, the stack temperature T_s , etc. (Step S1). next — while ECU presumes required power from accelerator opening alpha — **** — having — the corresponding amount T_o of hydrogen gas which should be introduced into a fuel cell is computed (Step S2). And ECU judges whether stack temperature is below the specified value T_{so} (Step S3). When the stack temperature T_s is lower than the specified value T_{so} , it is judged whether ECU26 has accelerator opening alpha still larger than specified value α_{hao} (step S4). In step S4, accelerator opening alpha judges whether accelerator opening increase side variation $\Delta\alpha$ is still larger than the specified value $\Delta\alpha_{hao}$, in being smaller than specified value α_{hao} (Step S5). And accelerator opening increase side variation $\Delta\alpha$ increases number of rotations of a compressor of air in this example by a temperature-up means, in being larger than the specified value $\Delta\alpha_{hao}$, and accelerator opening alpha raises air temperature, when larger than specified value α_{hao} (Step S6). Or temperature up of the air may be carried out with a heater. And predetermined time progress is secured by a timer (Step S7). Next, ECU computes hydrogen gas introduction full-limits T_l corresponding to an output limit value in the actual condition of a fuel cell (Step S8). Even if this full-limits T_l introduces into a fuel cell the amount of hydrogen gas set up based on this value, it is a value without a possibility of producing flooding in the cathode terminal side. This full-limits T_l can be set up by a rule of thumb.

[0030]When full-limits T_l is smaller than the amount T_o of hydrogen gas corresponding to the required power set up at Step S2, and the (step S9), A control signal is outputted so that (Step S10) and the valve 28 may attain a predetermined opening as the amount T_o of hydrogen gas which should actually introduce this full-limits T_l into a fuel cell (Step S11). As shown in drawing 6 and drawing 7, the amount T_o of hydrogen gas is set up as $T_o = T_b + T_c$ from hydrogen gas correction amount T_c set up by amount T_b of basic hydrogen gas and accelerator opening rate-of-increase $\Delta\alpha$ which are set up by accelerator opening alpha. Amount full-limits of hydrogen gas T_l is given as $T_l = T_{lb} + T_{lc}$ from basic full-limits T_{lb} corresponding to the stack temperature T_s and correction value T_{lc} corresponding to the humidity of air which are given by a relation as shown in drawing 8 and drawing 9, respectively.

[0031]That is, amount full-limits of hydrogen gas T_l is set up increase corresponding to the stack temperature T_s increasing. Other working examples of this invention are described with reference to

a flow chart of drawing 10. ECU inputs various detected information like a precedent, namely, reads air-temperature humidity and accelerator opening α , the stack temperature T_s and the present operational status A of a fuel cell, i.e., generating current, the electric power W , etc. (Step S1). next – while ECU presumes required power from accelerator opening α — **** — having — the corresponding amount T_o of hydrogen gas which should be introduced into a fuel cell is computed (Step S2). And ECU judges whether stack temperature is below the specified value T_{so} (Step S3). When the stack temperature T_s is lower than the specified value T_{so} , it is judged whether ECU26 has accelerator opening α still larger than specified value α_{hao} (step S4). In step S4, it is judged whether rate-of-increase ΔT of the amount of hydrogen gas in which accelerator opening α is further actually introduced into a fuel cell when smaller than specified value α_{hao} is larger than specified value ΔT_o . (Step S5). and when larger than specified value α_{hao} , accelerator opening α comes out and there is, and it is judged whether rate-of-increase ΔT of the actual amount of hydrogen gas has rate-of-increase ΔA of generating current of a fuel cell still smaller than specified value ΔA_o , when larger than specified value ΔT_o (Step S6). In this case, control which paid its attention to accelerator opening rate-of-increase $\Delta \alpha$ may be performed like a precedent.

[0032] And when the judgment in this step S6 is No, it is judged whether rate-of-change ΔW (negative value) of the output power of a fuel cell is still smaller than specified value ΔW_o (Step S7). And in being small, only the specified value t decreases and the actual amount T of hydrogen gas is set up (Step S8), and it outputs a control signal so that the valve 28 may attain a predetermined opening (step S9). Thus, generous operation is attained when the flooding phenomenon by the side of the cathode terminal of the above of a fuel cell prevents effectively, since the actual output state of a fuel cell is supervised and the amount of hydrogen gas was controlled by this example based on this changing condition.

[0033]

[Effect of the Invention] He is trying to aim at the increase in an output reasonable according to this invention, restricting a fuel cell reaction exactly in the starting state of operation in case a system is low temperature, and controlling generating of produced water. Therefore, the problem of the loss of power based on flooding is [therefore] solvable, avoiding effectively the problem of the flooding phenomenon by the side of a cathode terminal, even if it starts operation of a fuel cell system by a low temperature state. By this, the fuel cell system from operation between the colds can be started smoothly, and output performance can be doubled with an output request as much as possible. In the fuel cell system which uses a thin electrolyte membrane, especially this invention is effective, when taking the composition introduced into a fuel cell system, without humidifying oxidizing gas.

[0034] When output shortage arises in the above-mentioned standup state, it may constitute so that the electric power from auxiliary power units, such as a capacitor rechargeable battery, may be supplied.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] A cold condition and the graph which usually shows the generated voltage of the fuel cell in temperature, and a relation with current,

[Drawing 2] A cold condition and the graph which usually shows the generating electric power of the fuel cell in temperature, and a relation with current,

[Drawing 3] The explanatory view showing the moisture transfer model in a fuel cell,

[Drawing 4] The whole fuel cell system outline block diagram concerning one working example of this invention,

[Drawing 5] The flow chart which shows one example of operation of the fuel cell system concerning one working example of this invention,

[Drawing 6] The graph which shows the relation between the amount of basic hydrogen gas, and an accelerator opening,

[Drawing 7] The graph which shows the relation between a hydrogen gas correction amount and the accelerator opening rate of increase,

[Drawing 8] The graph which shows the relation between the amount of basic hydrogen gas, and stack temperature,

[Drawing 9] The graph which shows the relation between hydrogen gas correction value and air humidity,

[Drawing 10] It is a flow chart of control of the fuel cell system concerning other working examples of this invention.

[Explanations of letters or numerals]

1 Fuel cell system

2 Fuel cell stack

3 Feed pipe

4 Hydrogen storing metal alloy

5 The amount regulating valve of hydrogen gas

6 Hydrogen humidifier

20 Heat exchanger

17 Circulating pump

18 Circulating water piping.

28 The amount regulating valve of hydrogen gas.

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-106206
(P2000-106206A)

(43)公開日 平成12年4月11日(2000.4.11)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 M 8/04

H 0 1 M 8/04

K 5 H 0 2 6

J 5 H 0 2 7

T

8/10

8/10

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 10 頁)

(21)出願番号

特願平10-278608

(22)出願日

平成10年9月30日(1998.9.30)

(71)出願人

000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72)発明者

平野 伸一

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72)発明者

江草 憲一郎

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(74)代理人

100059959

弁理士 中村 稔 (外7名)

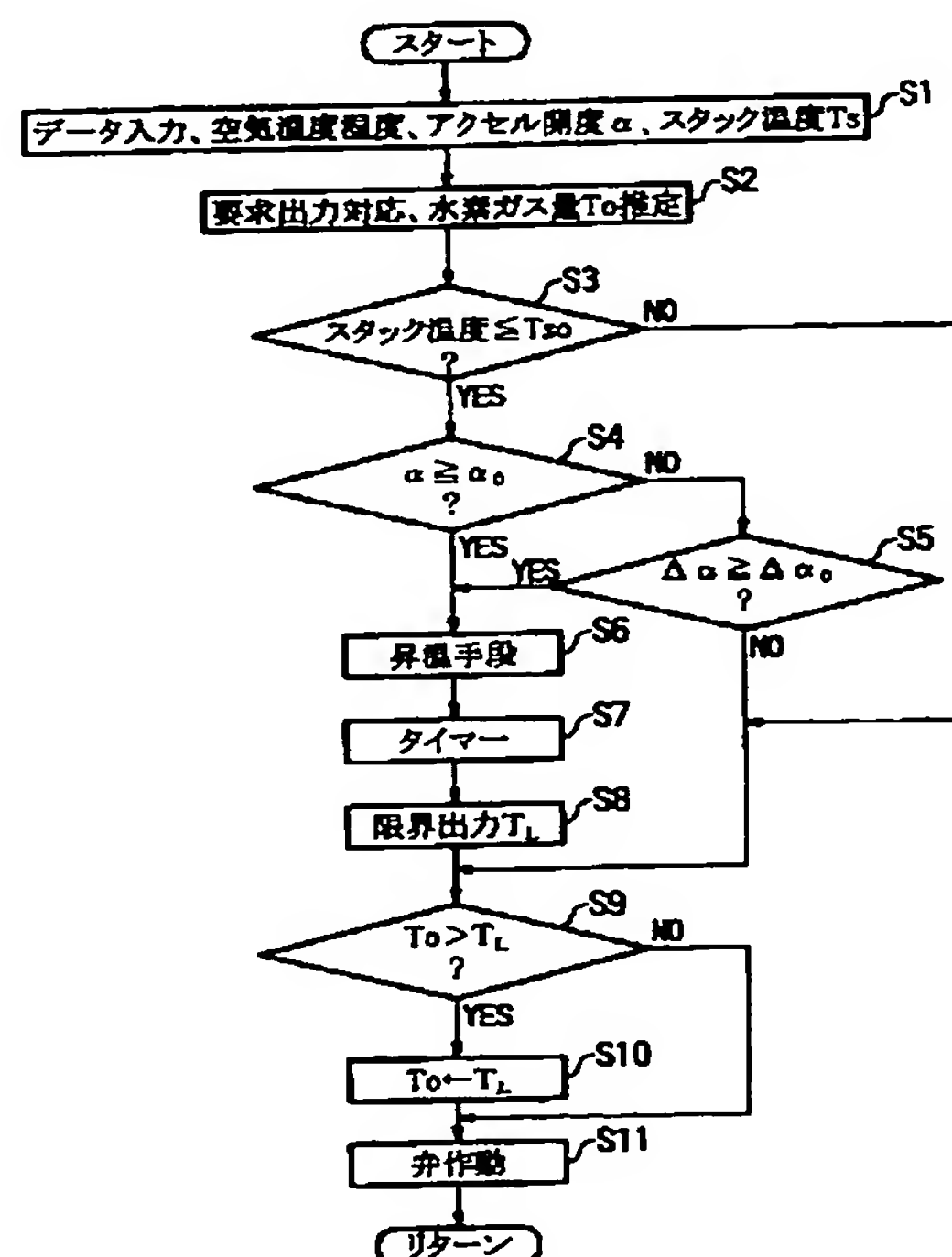
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 燃料電池システム

(57)【要約】

【課題】運転開始後の比較的早期の段階で生じるカソード電極側での急激なフラッシング現象に基づく出力低下の問題を解消し、燃料電池の出力の立ち上がりを速やかにかつスムーズに行うことができる燃料電池システムを提供する。

【解決手段】アクセル開度 α 、スタック温度 T_s 等を読み込む。アクセル開度 α から、要求出力を推定するとともにこれに対応する、燃料電池に導入すべき水素ガス量 T_o を算出する。スタック温度が所定値 T_{so} 以下かどうかを判断する。アクセル開度 α が所定値 α_o より大きいかどうか、およびアクセル開度増大側変化量 $\Delta\alpha$ が所定値 $\Delta\alpha_o$ より大きいかどうかを判断する。燃料電池の現状での出力限界値に対応する水素ガス導入限界値 T_L を算出する。限界値 T_L が要求出力対応水素ガス量 T_o よりも小さい場合には、この限界値 T_L を実際に燃料電池に導入すべき水素ガス量 T_o として、弁28が所定の開度を達成するように制御信号を出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】電解質膜の一方の側に配置され燃料ガスが供給されるアノード触媒電極と、電解質膜の他方の側に配置され、酸化ガスが供給されるカソード触媒電極と、燃料ガスを前記アノード触媒電極に供給する燃料ガス供給手段と、前記カソード触媒電極に酸化ガスを供給する酸化ガス供給手段と、を備えた燃料電池システムにおいて、前記電解質膜の雰囲気温度が所定温度より低い状態にあるとき、前記燃料ガスまたは酸化ガスの反応を制限する反応制限手段が設けられていることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項2】請求項1において、前記電解質膜の雰囲気温度が低く、かつ燃料電池に対する出力要求が所定より大きいときに、前記反応制限手段が前記燃料ガスと酸化ガスとの反応を制限するようになったことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項3】請求項2において、燃料ガスの供給量を制限することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項4】請求項2において、前記電解質の膜厚が所定値以下であることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項5】請求項4において、酸化ガスは加湿器を経由せず、燃料電池システムに導入されるようになっており、前記電解質膜は、燃料ガスによってもたらされる水分により、加湿されるようになっていることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項6】請求項1において、電解質膜の雰囲気温度が低く、かつ燃料電池に対する要求出力が所定値以上であるときは、電解質膜の雰囲気温度を上昇させるための昇温手段を備えていることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項7】請求項6において、前記燃料電池システムに対する要求出力を推定する要求出力推定手段を備えていることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項8】請求項6において、前記昇温手段が燃料ガスまたは酸化ガスの加圧手段であることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項9】請求項6において、前記昇温手段が燃料電池システムによる発電出力により燃料電池システムの循環水を加熱するヒータであることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項10】請求項1において、燃料電池システムが実際に発生する実際出力に関する値を検出する実際出力検出手段をさらに備えており、燃料電池システムに対する要求出力の変化に対応する前記実際出力の変化が所定値以下であるとき、前記反応制限手段が燃料ガスと酸化ガスとの反応を制限するようになったことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項11】請求項10において、電解質膜の雰囲気温度が所定値より低いとき燃料ガスと酸化ガスとの反応を制限することを特徴とする燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池に関し、特に、燃料電池の電界質膜に対して適正かつ効率的な水分供給制御に関する。

【0002】

10 【従来の技術】燃料電池は、高いエネルギー変換効率及び高い出力効率を達成することができる。このため燃料電池は、移動用電源あるいは電気自動車の動力源として注目されている。燃料電池は、水素イオン伝導性の電解質膜を白金触媒を担持したカーボン電極で挟み込んで構成される発電素子、すなわち電解質膜—電極接合体及び各電極面にそれぞれの反応ガスを供給するためのガス通路を画成するとともに、発電素子を両側から支持するガス分離部材とを積層した構造を有する。そして、一方の電極に水素ガスすなわち燃料ガスを供給し、他方の電極に酸素あるいは空気すなわち酸化ガスを供給して、反応ガスの酸化還元反応にかかる化学エネルギーを直接電気エネルギーとして抽出するようになっている。すなわち、アノード側では水素ガスがイオン化して電解質中を移動し、電子は、外部負荷を通過してカソード側に移動し、酸素と反応して水を生成する一連の電気化学反応による電気エネルギーを取り出すことができる。

20 【0003】電解質膜中を水素イオンは水分子を伴い移動するため電解質膜が乾燥してしまうと、イオン伝導率が低下し、エネルギー変換効率が低下するという現象が生じる。このため、良好なイオン伝導を保つために電解質膜が一定の水分量を保有するように制御する必要がある。電解質膜中を水素イオンは水分子を伴い移動するため電解質膜が乾燥してしまうと、イオン伝導率が低下し、エネルギー変換効率が低下してしまう。電解質膜への水分の供給のために、従来の構造では、燃料ガス及び酸化ガスを加湿するための加湿装置が設けられていた。また、特別に加湿装置を設置することなく、ガスの水分量を調整して、電解質膜に導くようにした燃料電池も知られている。

40 【0004】特開平9-63620号公報には、空気ガスのCOを低減した後、エアーコンプレッサーによりこれを加圧して、空気ガスを高温にした後圧縮してインタークーラーで冷却し、その後、空気極に導入するようにした燃料電池が開示されている。このように、加湿装置を設けない燃料電池システムは、システムのコンパクト化を促進する上で好ましい。しかし、電解質膜の水分量が過剰となると却って、燃料ガスと酸化ガスの反応効率が低下し、燃料電池の出力電力が低下することも知られている。したがって、運転中の燃料電池システムの水分量の制御は適正に行う必要がある。

50

【0005】

【本発明が解決しようとする課題】燃料電池システムを搭載した車両の場合、運転を開始直後では、電解質膜の温度が低く、循環するガス量および温度が低いために反応効率も低い。特に、冷間時等の運転初期においては、燃料電池システムの温度は全体として低くなっている。その後、電解質の温度、循環ガス量、ガス温が上昇するのに応じて、反応効率が向上し、電流が増大するとともに、燃料電池の出力も増大する。本発明者らの研究によれば、燃料電池の運転の開始から運転を継続すると電流と出力はほぼ比例して増大するが、電解質膜の雰囲気温度すなわち、燃料電池の温度が低い場合には、通常の状態に比べて電流値が所定値（たとえば40アンペア程度）に到達すると図1ないし図2に示すように電圧および出力が急激に低下する現象が生じることが判明した。

【0006】しかし、燃料電池システムを自動車に搭載する場合、このように運転開始後に出力低下が生じるとは自動車の動力源としては極めて不便である。また、いったん出力低下が生じるとその後出力を回復するのに、かなりの時間を要することも発明者らの研究によってわかっている。この出力低下の現象が生じる原因は、燃料ガス（水素ガス）と酸化ガス（空気）との反応によって生成する生成水に起因するフラッディングに原因すると見られている。すなわち、上記したように、アノード側では水素ガスがイオン化して電解質中をカソード側に移動し、カソード側で酸素と反応して水を生成する。この場合水素イオンは電解質膜中を水素イオンは水分子を伴って移動する。したがって、電解質膜が保有する水分量が多くなると、イオン伝導率は向上し、水素イオンの循環量が増大し、燃料電池の出力もこれに対応して増大する。

【0007】一方、カソード電極側では、水素イオンと酸素イオンと結合して生成水を生じるとともに、アノード電極側からの水素イオンとともに同伴水も持ち込まれることとなる。この結果、カソード電極側では水素イオンの増大とともに、カソード電極側での水分量が過剰となり、カソード電極側において水素イオンと酸素との接触を阻害し、反応効率を低下させる。そして、発明者らの研究によれば、燃料電池の電流および出力の増大が急激になるほど、カソード電極での水分の過剰化現象が急激に発生し、これに原因する出力の落ち込みも急激に生じる傾向がある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、燃料電池システムの運転開始後の比較的早期の段階で生じるカソード電極側での急激なフラッディング現象に基づく出力低下の問題を解消し、燃料電池の出力の立ち上がりを速やかにかつスムーズに行うことができる燃料電池システムを提供することを目的とする。本発明の燃料電池システム

は、電解質膜の一方の側に配置され燃料ガスが供給されるアノード触媒電極と、電解質膜の他方の側に配置され、酸化ガスが供給されるカソード触媒電極と、燃料ガスを前記アノード触媒電極に供給する燃料ガス供給手段と、前記カソード触媒電極に酸化ガスを供給する酸化ガス供給手段と、を備えた燃料電池システムにおいて、前記電解質膜の雰囲気温度が所定温度より低い状態にあるとき、前記燃料ガスまたは酸化ガスの反応を制限する反応制限手段が設けられていることを特徴とする。電解質膜の雰囲気温度は、燃料電池の積層構造すなわちスタックの温度に対応する。

【0009】本件発明は、主として、例えば冷間運転開始時等のシステム全体の温度が低く燃料ガスと酸化ガスとの反応条件が良好でない状態から、温度が上昇し反応効率の良好な状態への過渡期に有効に機能するものである。好ましい態様では、電解質膜の雰囲気温度が低く、かつ燃料電池に対する出力要求が所定より大きいときに、前記反応制限手段が前記燃料ガスと酸化ガスとの反応を制限するようになっている。典型的な反応制限手段は、燃料ガスの供給量を制限するように構成される。この場合、前記電解質の膜厚が所定値、たとえば20ミクロン以下に設定されている。発明者らの研究により電解質膜は極力薄く形成することが反応効率の面からは好ましい。しかし、膜厚を薄くすると、電解質膜が保有できる水分容量が減少するため、僅かな水分量の変化が燃料電池の反応メカニズムに影響を与える。このため、上記運転開始後の電流変化、出力変化に伴う水分量変化により上記のカソード電極側でのフラッディング現象が生じ易くなる。

【0010】本件発明の反応制限手段は、このような反応効率の向上を狙って極力電解質膜の膜厚を薄く設定した場合に特に有効に機能する。またこの場合、酸化ガスは加湿器を経由せず、燃料電池システムに導入されるようになっており、前記電解質膜は、燃料ガスによってもたらされる水分により加湿されるようになっている。このように構成することにより、燃料電池システムをコンパクトを推進しつつ、かつ、上記カソード電極側での運転開始後の出力立ち上がり段階でのフラッディング現象を抑制することによって、出力性能のスムーズな増大を図ることができる。本発明の好ましい態様では、電解質膜の雰囲気温度が低く、かつ燃料電池に対する要求出力が所定値以上であるときは、電解質膜の雰囲気温度を上昇させるための昇温手段を備えている。

【0011】昇温手段はたとえば、酸化ガスの圧縮のためのコンプレッサーなどの加圧手段を過回転させて、酸化ガスの断熱圧縮を促進し、ガスを加熱するように構成することができる。また、昇温手段にガスを直接加熱するヒータを用いても良い。さらに別の好ましい態様では、前記燃料電池システムに対する要求出力を推定する要求出力推定手段を備えている。出力要求は、たとえ

ば、アクセル開度から推定することができる。さらに好ましくは、燃料電池システムが実際に発生する実際出力、たとえば、電力、電流、電圧等に関する値を検出する実際出力検出手段をさらに備え、燃料電池システムに対する要求出力の変化に対応する前記実際出力の変化が所定値以下であるとき、前記反応制限手段が燃料ガスと酸化ガスとの反応を制限するようになっている。

【0012】この場合、上記の要求出力変化に対する実際出力の変化が所定値以下であることに加えて、さらに、電解質膜の雰囲気温度が所定値より低いとき燃料ガスと酸化ガスとの反応を制限するのが好ましい。

【0013】

【発明の実施の形態】上記したように電解質膜は、含水状態でプロトンすなわち水素イオンの移動を可能とすることによって、電流回路を外部に形成することができ、これによって外部仕事を行う燃料電池が形成される。そして電解質膜のカソード触媒電極側では酸化反応によって水が生成するが、この生成水がカソード触媒電極側で*

$$J_{A(\max)} = (P_{H_2(m)} / (P_A - P_{H_2(m)})) i / 2 a F \quad (3)$$

ここで、a：水素ガスの利用率

P_A ：水素の供給圧

$P_{H_2(m)}$ ：温度T（℃）における飽和水蒸気分圧 ※

$$J_{C(\max)} = (P_{O_2(m)} / (P_c - P_{O_2(m)})) 5 i / 4 c F \quad (4)$$

ここで、c：空気の利用率

P_c ：空気の供給圧

で表される。

【0016】燃料電池における酸化還元反応の反応中において、上記から固体高分子電解質膜をアノード側からカソード側に移動する水分移動量 J_w と酸化反応によって生成する水分量 J_A との合計量と、カソード側から空気と同伴して系外に持ち出される水分量 J_c とが釣り合うこと、及び電解質膜中を移動する水分量 J_w とアノード側に供給される水分量 J_A とが釣り合うことが重要である。もし、カソード側から空気と同伴して系外に持ち出される水分量 J_c が、電解質膜をアノード側からカソード側に移動する水分移動量 J_w と酸化反応によって生成する水分量 J_A との合計量よりも多いと、カソード側において所望の水分量が確保出来なくなる。また、アノード側に供給される水分量 J_A が電解質膜中を移動する水分量 J_w よりも少ない場合はアノード側がドライアウトを生じ、いずれの場合にも、全体として燃料電池の出力性能を低下させる。

【0017】カソード側において空気の同伴して排出される水分量（ J_c ）の最大値 $J_{c(\max)}$ 及びアノード側の加湿による水分供給量（ J_A ）の最大値 $J_{A(\max)}$ は、それぞれ当該温度における飽和水蒸気量である。この最大値 $J_{c(\max)}$ 及び $J_{A(\max)}$ は、温度に依存し、温度が上昇すると急激に増大する。アノード側の水分供給量 J_A 及びカソード側の水分同伴量 J_c も同様に温度が上昇すると増大する。ところで、電解質膜の膜厚を薄くすること

*過剰になると、燃料電池の出力性能は低下する。したがって、出力性能を維持するためには燃料電池反応による生成水が過剰にならないように制御する必要がある。図3には、本発明を適用することができる燃料電池の水分移動モデルが示されている。

【0014】固体高分子電解質膜の水分移動は上記から明らかのように電気浸透流と逆拡散流との差が固体高分子電解質膜における見かけの水和量を用いて以下の式で表される。

$$J_w = S i / F \quad (1)$$

ここで、 J_w ：固体高分子電解質膜中の水分移動量

S：見かけの水和量

i：電流密度（A/cm²）

またカソード側で反応により生成する水分量 J_c は、

$$J_c = i / 2 F \quad (2)$$

であらわされる。

【0015】アノード側の加湿による水分供給量

（ J_A ）の最大値 $J_{A(\max)}$ は、以下のように表される。

20※カソード側において空気に同伴して排出される水分量（ J_c ）の最大値 $J_{c(\max)}$ は、

によって逆拡散流が増大するため全体として電解質膜中の水分移動量 J_w が減少する。この理由は、電解質膜中の水分の濃度勾配がアノード側とカソード側との間で急激になることによる、と考えられる。したがって、低い温度での運転する場合には、アノード側において水分供給量 J_A が減少するので、アノード側でドライアウトの問題が生じるのを防止するためには、電解質膜の厚さを薄くするのが望ましい。

【0018】しかし、燃料電池システムの運転温度がさらに低くなると、上記の現象とは逆に、カソード側における酸化反応で生じた生成水を適正に排出することができなくなり、カソード側で水分の過剰状態が発生し、電解膜の全体の反応効率が低下する。本発明では、運転温度が低い場合には、燃料ガスと酸化ガスとの間の燃料電池反応を抑制し、カソード電極側でのフラッディング現象を有効に抑制し、運転温度が適正な温度に上昇するまでの間の、燃料電池システムの出力の落ち込み減少を解消するようにしている。これによって、燃料電池の運転開始後の立ち上がり状態での出力性能を良好に推移させることができる。なお、燃料電池システムの運転中において、水素ガスが欠乏すると、酸化反応の進行に伴って、電極の炭素等の酸化反応が発生し、燃料電池の電極が燃焼して破損するという問題が生じる可能性がある。

【0019】これに対処するために水素の予備のタンク（供給手段）を設け、メインタンクの供給圧が所定値以下に低下した場合には、予備タンク（供給手段）に切り換える機構を備えることが望ましい。あるいは、水素の

供給圧が所定値以下に下がった場合には、外部負荷電流を少なくし、さらに燃料電池システムの運転を停止するように制御することが望ましい。

【0020】

【実施例】図4を参照すると、本発明の1実施例に従う燃料電池システム1の概略図が示されている。このシステム1では、上記の固体高分子燃料電池を積層した燃料電池スタック2が設けられ、該燃料電池スタック2には、燃料ガスとしての水素が供給管3を介して供給される。水素ガスの供給系は、水素ガス発生源としてのMH水素吸蔵合金4を備えており、本例の水素吸蔵合金4は、加圧によって水素ガスを発生する。発生した高圧（5気圧程度の）水素ガスは供給管3の配管上に設けられた水素ガス調整弁5により供給圧力が調整されるようになっている（約1.5～3.0気圧程度）。そして、所定量に調整された水素ガスは燃料スタック2に隣接して設置された水素ガス加湿器6に導かれる。燃料電池スタック2からの水素ガスは、水素ガス排出管7を介して燃料電池スタック2から排出され、水分凝縮器8を経て水素ガス戻り管9に導入され、水素循環ポンプ10に導入される。水素ガス戻り管11は、上記の水素ガス圧力調整弁5の下流側で水素ガス供給管3合流して循環経路を構成する。

【0021】また、酸化剤ガスとしての空気が供給管12を介して該燃料電池スタック2のそれぞれのカソード側に供給される。空気の供給系は、加圧するためのエアーコンプレッサー13を備えており、これによって1.5ないし3.0気圧に昇圧されて、燃料電池スタック2に導入される。燃料電池からの余剰の空気は、空気排出管から水分凝縮器14を経由して大気へ開放される。本例の燃料電池システム1は、水素ガスが電解質に持ち込む水分量を調節するためおよび、水素ガスおよび空気が電解質膜から同伴する水分を処理するための水分循環系を備えている。この水分循環系は水の循環エネルギーを与えるための循環水ポンプ15を備えている循環水ポンプ15から吐出された水は配管16aを介して水素加湿器6内に導入されて水素ガスと半透膜を介して接触して水素ガスを加湿する。そして、本例の水循環系では加湿器6からの配管16bは、酸化ガスの水分凝縮器14に接続されており、ここを介して循環水ポンプ15の吸入側に戻されるようになっている。また、循環水ポンプ15の吸入側の配管16cには、水素ガス用水分凝縮器8からの配管も接続されており、両方の水分凝縮器8、14からの水が加湿器用循環水系に組み込まれるようになっている。

【0022】また、本例の燃料電池システム1は、冷却水循環配管の経路の一部に組み込まれており、これによって冷却水による所定の冷却効果を得るようになっている。本例の冷却水循環系は、冷却水ポンプ17を備えており、冷却水ポンプ17からの吐出側配管18には、ラ

ジエータ19が配置されており、冷却水はラジエータ19に冷却された後、エアーコンプレッサー13の吐出側の熱交換器20に通され、エアーコンプレッサー13によって断熱圧縮されて温度上昇した圧縮空気を冷却する。そして、熱交換器20を経た冷却水は、水素ガス用加湿器を通して燃料電池スタック2に通され燃料電池スタック2を所定の温度範囲内に調整するようになっている。すなわち、燃料電池の冷間運転においては、ヒータとして機能し、所定温度に達した後は、クーラーとして機能する。

【0023】なお、エアーコンプレッサー13の吐出側の配管は、熱交換器20を経由する配管12aと、経由しない配管12bとに分岐しており、これらの熱交換器20を通過する空気量を調整することにより、燃料電池スタック2に導入される空気の温度を制御することができるようになっている。なおこの目的のために燃料スタック2に導入される空気の配管には空気温度をはかる温度センサ21が設けられている。また、水素ガスの温度を図る温度センサ22も水素ガス循環系に設けられる。なおこれらの水素及び空気の圧力を計測するために圧力計23、24がそれぞれ設けられる。なお、本例の燃料電池システム1は、空気側の加湿装置は備えていない。

【0024】さらに、本例の燃料電池システム1は、水素ガスを所定の運転状態において加熱するためのヒータ25を備えるとともに、このヒータ25および水素ガスコンプレッサー10の電力量を制御するために好ましくは、マイクロコンピュータを含んで構成される電子制御装置（ECU）26を備えている。さらにエアーコンプレッサー13の吐出側において、熱交換器20をバイパスするバイパス通路12bには、流量を調整する流量調整弁27が設けられ、熱交換器20への圧縮空気量を調整できるようになっている。これによって、必要に応じて燃料電池スタック2に供給される空気温度を冷却制御することができる。この目的のためにECU26は、流量調整弁の開度調整を行う制御信号を出力する。

【0025】燃料電池の運転温度において、約50℃を下回るとアノード側の水分供給量（最大値） $J_{A(max)}$ が上記水分移動量 J_w に及ばなくなり、アノード側のドライアウトの問題が生じる。このようなドライアウトを防止し、高効率で電解反応を生じさせるためには、約50℃から70℃の範囲で運転するのが望ましい。逆に、カソード側では、生成水が生じる。運転温度の低い状態では、アノード側の上記ドライアウトの問題を解消するために、水素ガスを加湿することとあいまってカソード側における水分の過剰状態が加速される。特に、特に外気温が所定温度たとえば、約5℃よりも低い温度で始動するような場合には、過剰水分が電解質膜上に残って電解反応を阻害する。上記のように運転開始直後は、燃料電池システムは外気温とほぼ同じ温度になっている。運転開始後、空気は、エアーコンプレッサーによっ

て断熱圧縮されるので、温度が上昇する。これにともな
って、スタック温度および水素ガス温度も温度上昇す
る。この場合、スタックおよび水素ガスはほぼ同じ傾向
で温度上昇する。運転開始後、一定時間経過すると空
気、スタック、水素ガスの温度上昇はなくなり温度は定
常となる。

【0026】燃料電池システムの温度が低い状態で運転
を開始すると、温度が上昇して定常状態となるまでの
間、特に、運転当初は、電解質膜中を移動する水素イ
オンすなわちプロトンの量も少なく良好に反応して、出力
を向上させるが、この状態が進行すると生成水が増大し
て、カソード側の水分過剰状態が発生する。そして、電
流が所定値まで上昇したとき、カソード電極側がフラ
ッディング現象を生じ、電流および出力の急激な低下が生
じる。本発明では、このような事態を解消するため電解
質膜の周囲温度が低い場合であって、適正な電解反応条
件を損なう恐れがある場合には、燃料電池スタックに供
給される水素ガスと、酸素との反応を抑制するようにし
て、カソード側でのフラッディング現象を防止し、上記
のような運転開始後の立ち上がり段階での出力低下の減
少を回避するようにしている。

【0027】ECU26には、水素ガス温度、空気温
度、湿度、スタック温度、水素ガス供給量、空気供給
量、水素ガス供給圧力、空気供給圧力、およびアクセル
開度等の本燃料電池システムを搭載した、車両の運転条
件および燃料電池システムの運転条件を物理量を表す信
号が入力される。そして、ECU26は、これらの入力
信号に基づいて水素ガスの循環量を制御するようになって
いる。具体的には、水素ガス用流量調整弁28および
水素ガス循環ポンプすなわちコンプレッサ10への電力
量を制御する。これによって、燃料電池スタック2に導
入される水素ガス量を制御する。また、熱交換器20の
バイパス通路12bには、流量調整弁27が設けられて
おり、ECUは、この流量調整弁27の流量を調整する
ことによって、熱交換器20を通過する空気量を制御す
るようになっており、これによってスタック2への供給
空気の温度を制御する。

【0028】本発明は、上記のように、燃料電池シス
テムを動力源として搭載した車両の運転開始後の比較的
早い段階で生じるカソード電極側でのフラッディング現象
に起因する燃料電池の急激な出力低下の問題に対処す
るためのものである。このために本発明では、スタック温
度が所定値以下の場合には、燃料電池反応を抑制し、カ
ソード電極側でのフラッディング現象が生じないように
生成水の量を制御する。特に、スタック2に導入される
水素ガスの量を制限して、反応を抑制し、生成水の量を
制限してカソード電極側のフラッディングが生じないよ
うにする。具体的には、水素ガス量と燃料電池の出力と
はほぼ一義的な対応関係が存在することに着目して、フ
ラッディングが生じない範囲で可能な燃料電池の最大出

力を設定し、この出力範囲内になるように水素ガス供給
量を制御する。

【0029】図5のフローチャートを参照して、本発明
にしたがう燃料電池システムの運転例について説明す
る。ECU26は、まず、さまざまな検出データを入力
する、すなわち、空気温度湿度、アクセル開度 α 、スタ
ック温度 T_s 等を読み込む(ステップS1)。次にECU
は、アクセル開度 α から、要求出力を推定するとともに
にこれらに対応する、燃料電池に導入すべき水素ガス量 T_o
を算出する(ステップS2)。そしてECUはスタック
温度が所定値 T_{so} 以下かどうかを判断する(ステップS
3)。スタック温度 T_s が所定値 T_{so} より低い場合には、
ECU26は、さらに、アクセル開度 α が所定値 α_o より
大きいかどうか判断する(ステップS4)。ステップ
S4において、アクセル開度 α が所定値 α_o よりも小
さい場合には、さらに、アクセル開度増大側変化量 $\Delta\alpha$
が所定値 $\Delta\alpha_o$ より大きいかどうかを判断する(ステップ
S5)。そして、アクセル開度 α が所定値 α_o より大
きい場合、およびアクセル開度増大側変化量 $\Delta\alpha$ が所
定値 $\Delta\alpha_o$ より大きい場合には、昇温手段により、本例
では、空気のコンプレッサの回転数を増大し、空気温度
を上昇させる(ステップS6)。あるいはヒーターによ
って空気を昇温しても良い。そして、所定の時間経過を
タイマーで確保する(ステップS7)。次に、ECUは、
燃料電池の現状での出力限界値に対応する水素ガス導入
限界値 T_l を算出する(ステップS8)。この限界値 T_l
は、この値に基づいて設定される水素ガス量を燃料電
池に導入しても、カソード電極側でフラッディングを生
じるおそれのない値である。この限界値 T_l は、経験則
により設定することができる。

【0030】そして、限界値 T_l がステップS2で設定
した要求出力対応水素ガス量 T_o よりも小さい場合には
(ステップS9)、この限界値 T_l を実際に燃料電池に
導入すべき水素ガス量 T_o として(ステップS10)、弁
28が所定の開度を達成するように制御信号を出力する
(ステップS11)。なお、図6および図7に示すよう
に水素ガス量 T_o は、アクセル開度 α により設定される基
本水素ガス量 T_b およびアクセル開度増加率 $\Delta\alpha$ により設
定される水素ガス補正量 T_c とから $T_o = T_b + T_c$ として設定
される。また、水素ガス量限界値 T_l は、図8および図
9に示すような関係でそれぞれ与えられる、スタック温
度 T_s に対応する基本限界値 T_{lb} および空気の湿度に対
応する補正值 T_{lc} とから $T_l = T_{lb} + T_{lc}$ として
与えられる。

【0031】すなわち、水素ガス量限界値 T_l は、スタ
ック温度 T_s が増大するのに対応して増大するように設定
されている。図10のフローチャートを参照して本発明
の他の実施例について説明する。ECUは、前例と同様
にさまざまな検出データを入力する、すなわち、空気温
度湿度、アクセル開度 α 、スタック温度 T_s および、燃料

電池の現在の運転状態、すなわち、発生電流 A 、電力 W 等を読み込む（ステップ $S1$ ）。次に ECU は、アクセル開度 α から、要求出力を推定するとともにこれに対応する、燃料電池に導入すべき水素ガス量 T_0 を算出する（ステップ $S2$ ）。そして ECU はスタック温度が所定値 T_{so} 以下かどうかを判断する（ステップ $S3$ ）。スタック温度 T_s が所定値 T_{so} より低い場合には、 $ECU26$ は、さらに、アクセル開度 α が所定値 α_0 より大きいかどうか判断する（ステップ $S4$ ）。ステップ $S4$ において、アクセル開度 α が所定値 α_0 よりも小さい場合には、さらに、実際に燃料電池に導入されている水素ガス量の増加率 ΔT が所定値 ΔT_0 より大きいかどうかを判定する。（ステップ $S5$ ）。そして、アクセル開度 α が所定値 α_0 より大きい場合、であって、実際の水素ガス量の増加率 ΔT が所定値 ΔT_0 より大きい場合には、さらに、燃料電池の発生電流の増加率 ΔA が所定値 ΔA_0 より小さいかどうかを判定する（ステップ $S6$ ）。この場合前例のように、アクセル開度増加率 $\Delta \alpha$ に着目した制御を行っても良い。

【0032】そして、このステップ $S6$ における判定が No の場合には、さらに、燃料電池の出力電力の変化率 ΔW （負の値）が所定値 ΔW_0 よりも小さいかどうかを判定する（ステップ $S7$ ）。そして、小さい場合には、実際の水素ガス量 T を所定値 t だけ減少して設定し（ステップ $S8$ ）、弁 28 が所定の開度を達成するように制御信号を出力する（ステップ $S9$ ）。このように本例では、燃料電池の実際の出力状態を監視し、この変化状態に基づいて水素ガス量を制御するようにしたので、燃料電池の上記のカソード電極側のフラッディング現象が有効に防止する上で、余裕のある運転が可能となる。

【0033】

【発明の効果】本発明によれば、システムが低温の場合の運転の立ち上げ状態において燃料電池反応を的確に制限して、生成水の発生を抑制しつつ、無理なく出力増加を図るようにしている。したがって、低い温度状態で燃料電池システムの運転を開始しても、カソード電極側のフラッディング現象の問題を有効に回避しつつ、したがって、フラッディングに基づく出力低下の問題を解消することができる。これによって、冷間運転からの燃料電池システムの立ち上げをスムーズに行うことができ、出力性能を極力出力要求に合わせることができる。特に、*

*本発明は、酸化ガスを加湿することなく燃料電池システムに導入する構成を取る場合あるいは、薄い電解質膜を使用する燃料電池システムにおいて有効である。

【0034】なお、上記立ち上がり状態において出力不足が生じる場合には、キャパシタ二次電池などの補助電源ユニットからの電力を供給するように構成しても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】低温状態および通常温度での燃料電池の発生電圧および電流との関係を示すグラフ、

【図2】低温状態および通常温度での燃料電池の発生電力および電流との関係を示すグラフ、

【図3】燃料電池における水分移動モデルを示す説明図、

【図4】本発明の1実施例にかかる燃料電池システムの全体概略構成図、

【図5】本発明の1実施例にかかる燃料電池システムの運転の1例を示すフローチャート、

【図6】基本水素ガス量とアクセル開度との関係を示すグラフ、

【図7】水素ガス補正量とアクセル開度増加率との関係を示すグラフ、

【図8】基本水素ガス量とスタック温度との関係を示すグラフ、

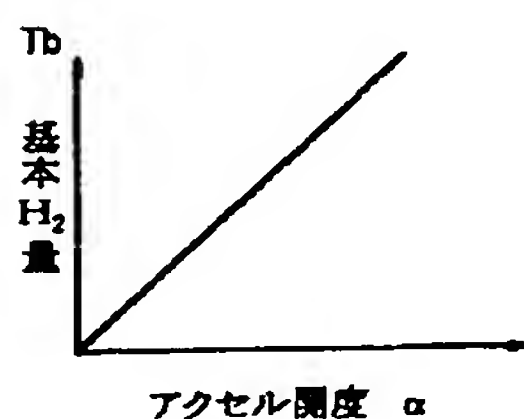
【図9】水素ガス補正值と空気湿度との関係を示すグラフ、

【図10】本発明の他の実施例にかかる燃料電池システムの制御のフローチャートである。

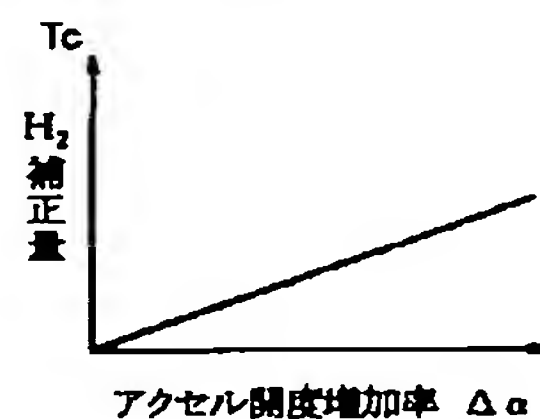
【符号の説明】

- 1 燃料電池システム
- 2 燃料電池スタック
- 3 供給管
- 4 水素吸蔵合金
- 5 水素ガス量調整弁
- 6 水素加湿器
- 20 熱交換器
- 17 循環ポンプ
- 18 循環水配管。
- 28 水素ガス量調整弁。

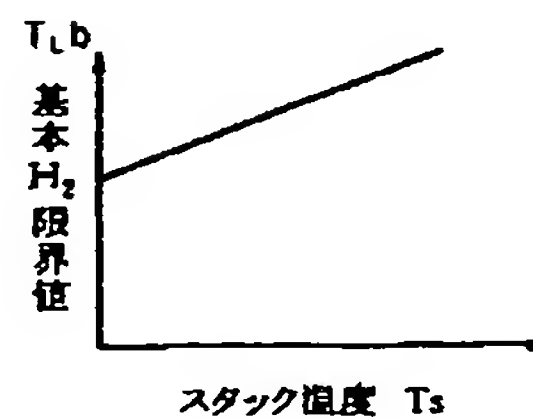
【図6】



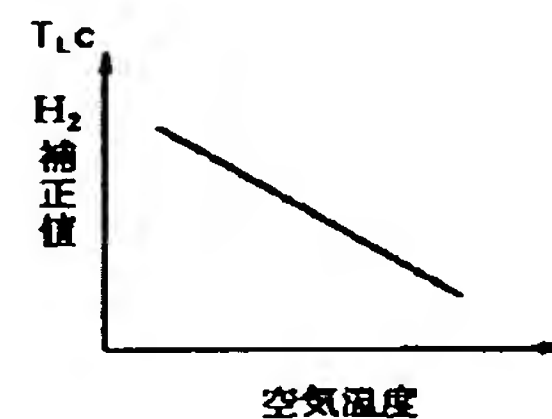
【図7】



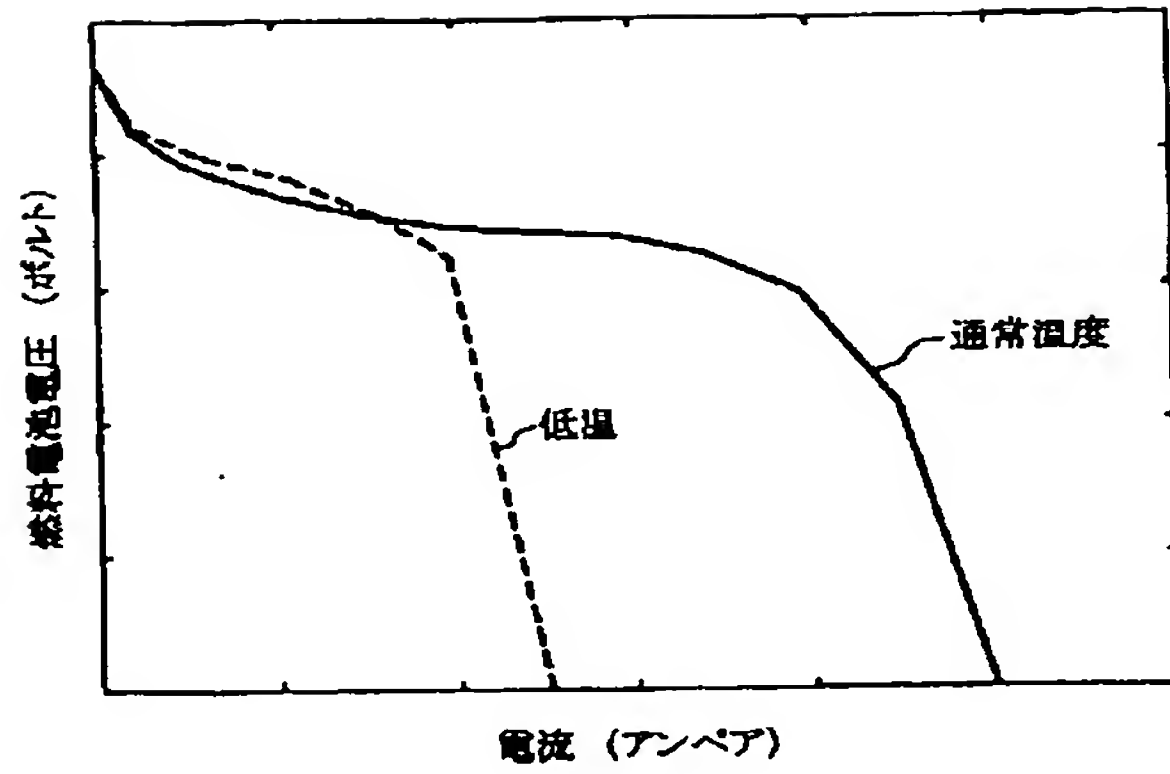
【図8】



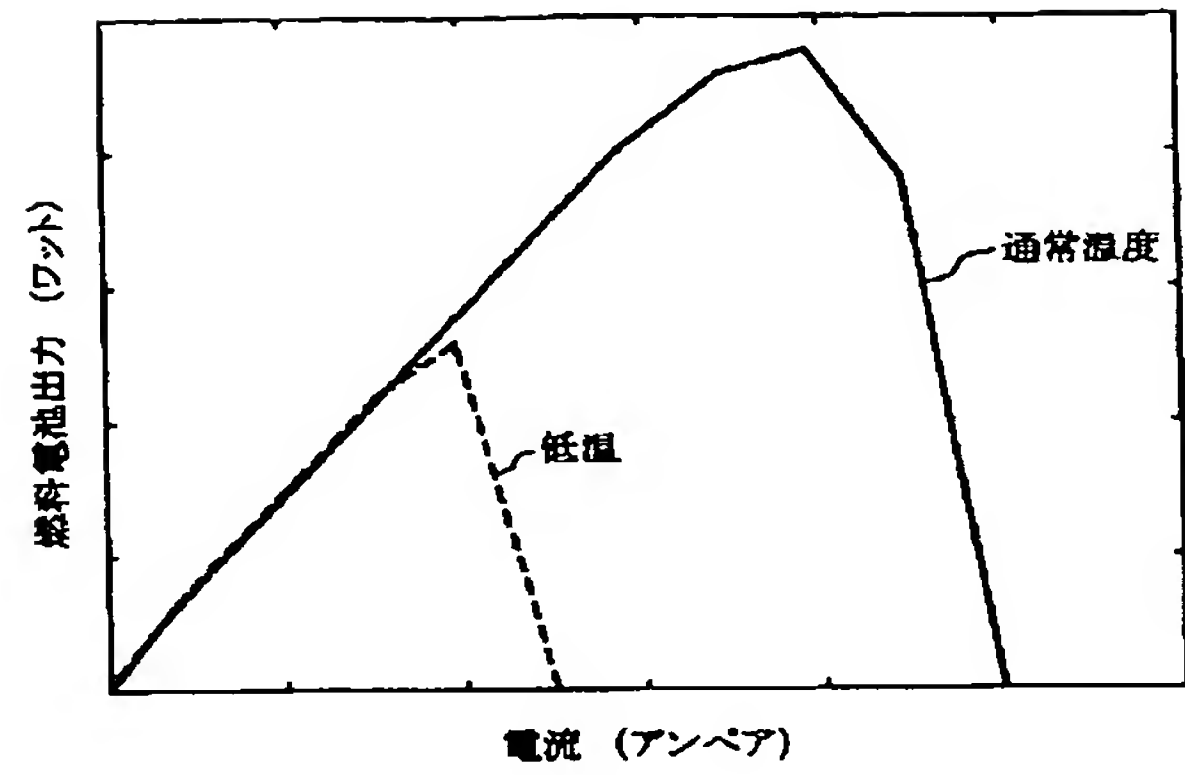
【図9】



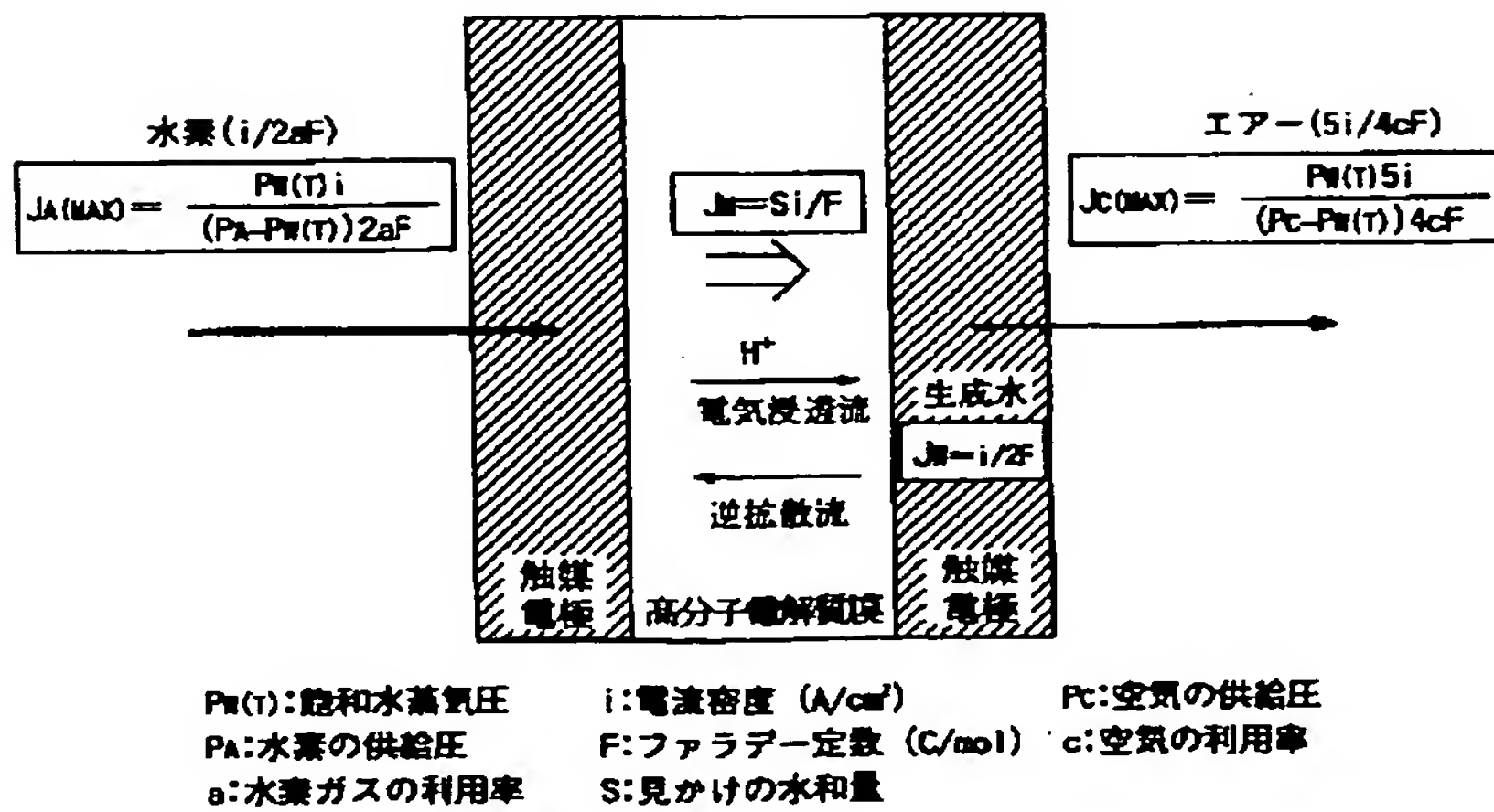
【図1】



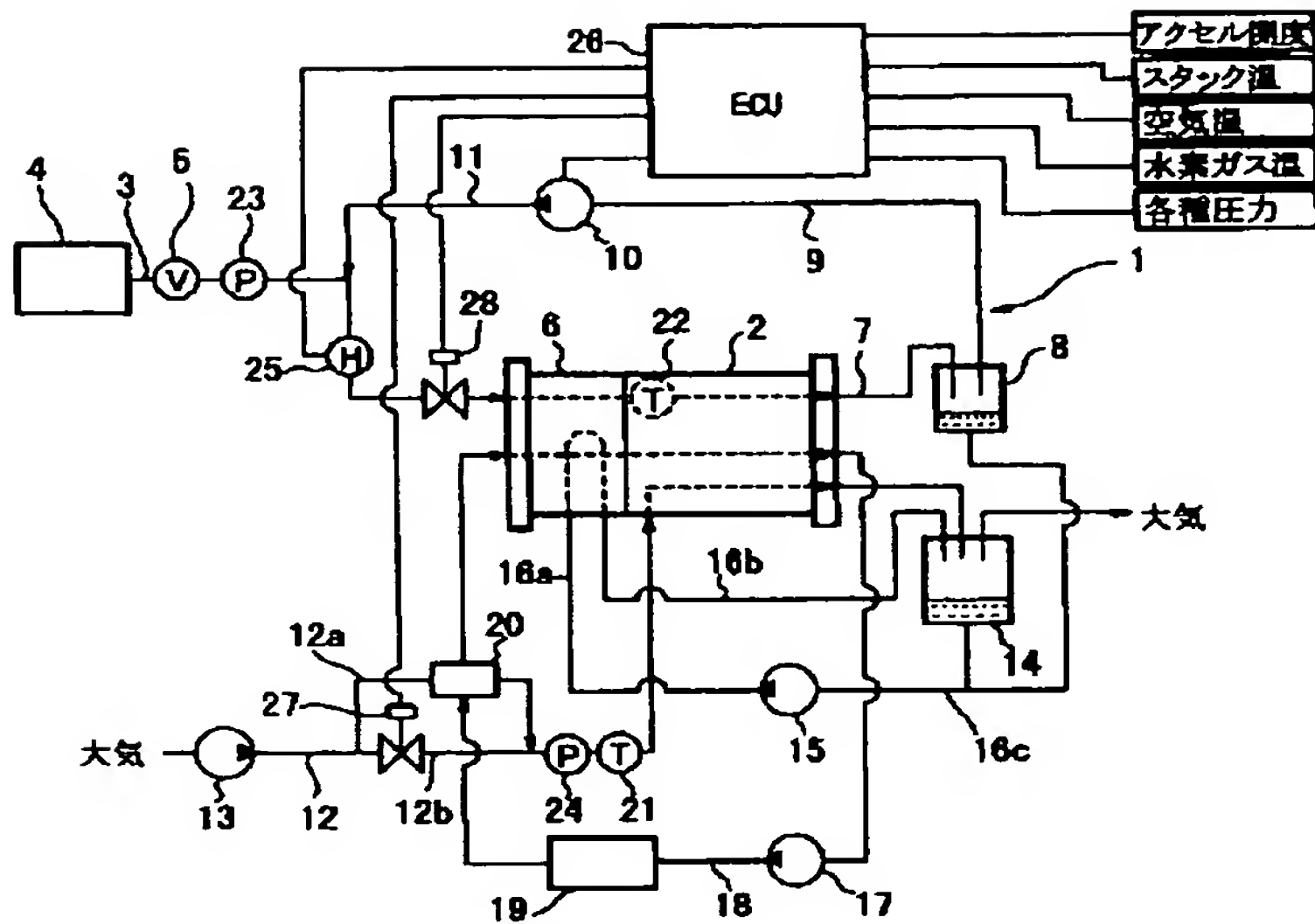
【図2】



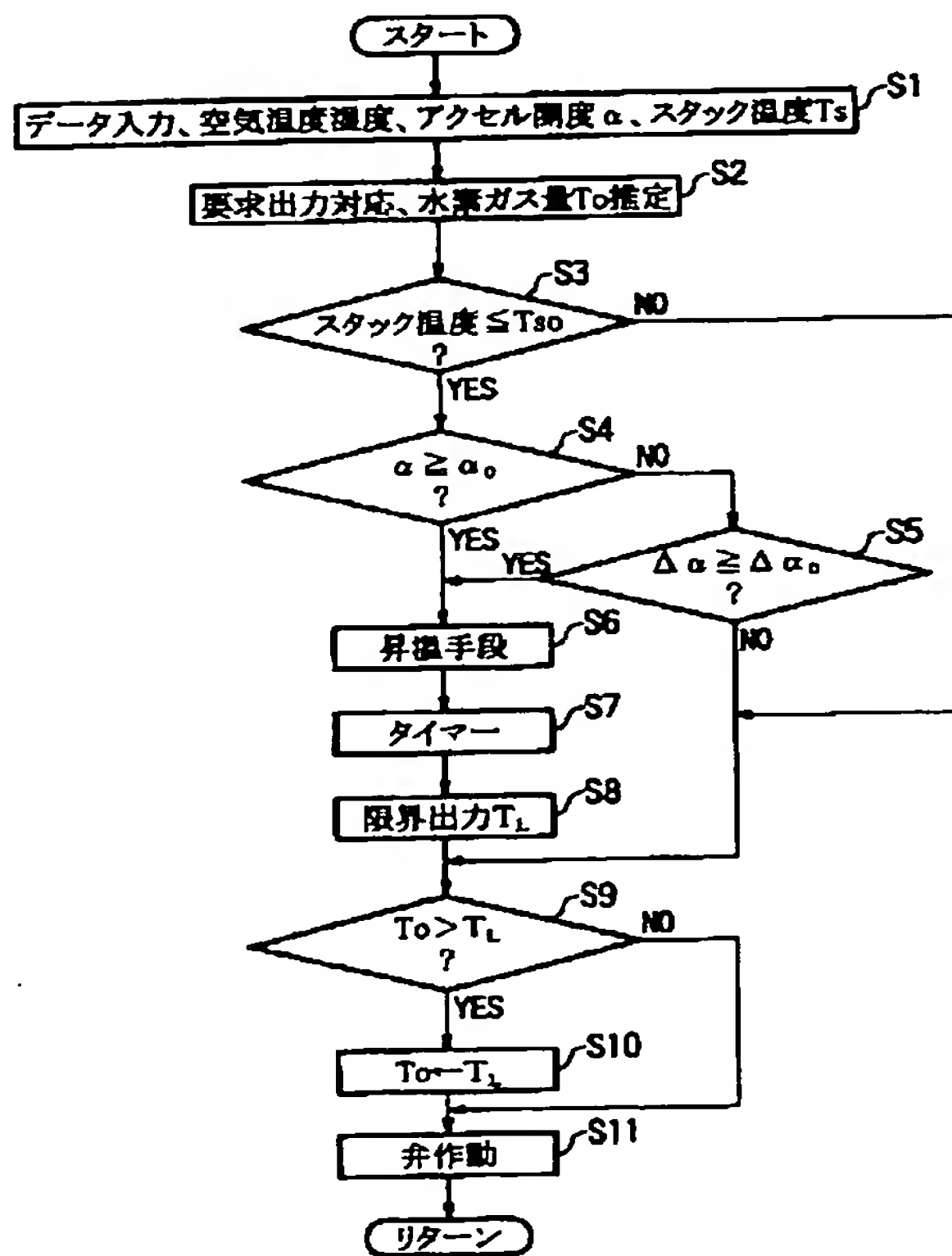
【図3】



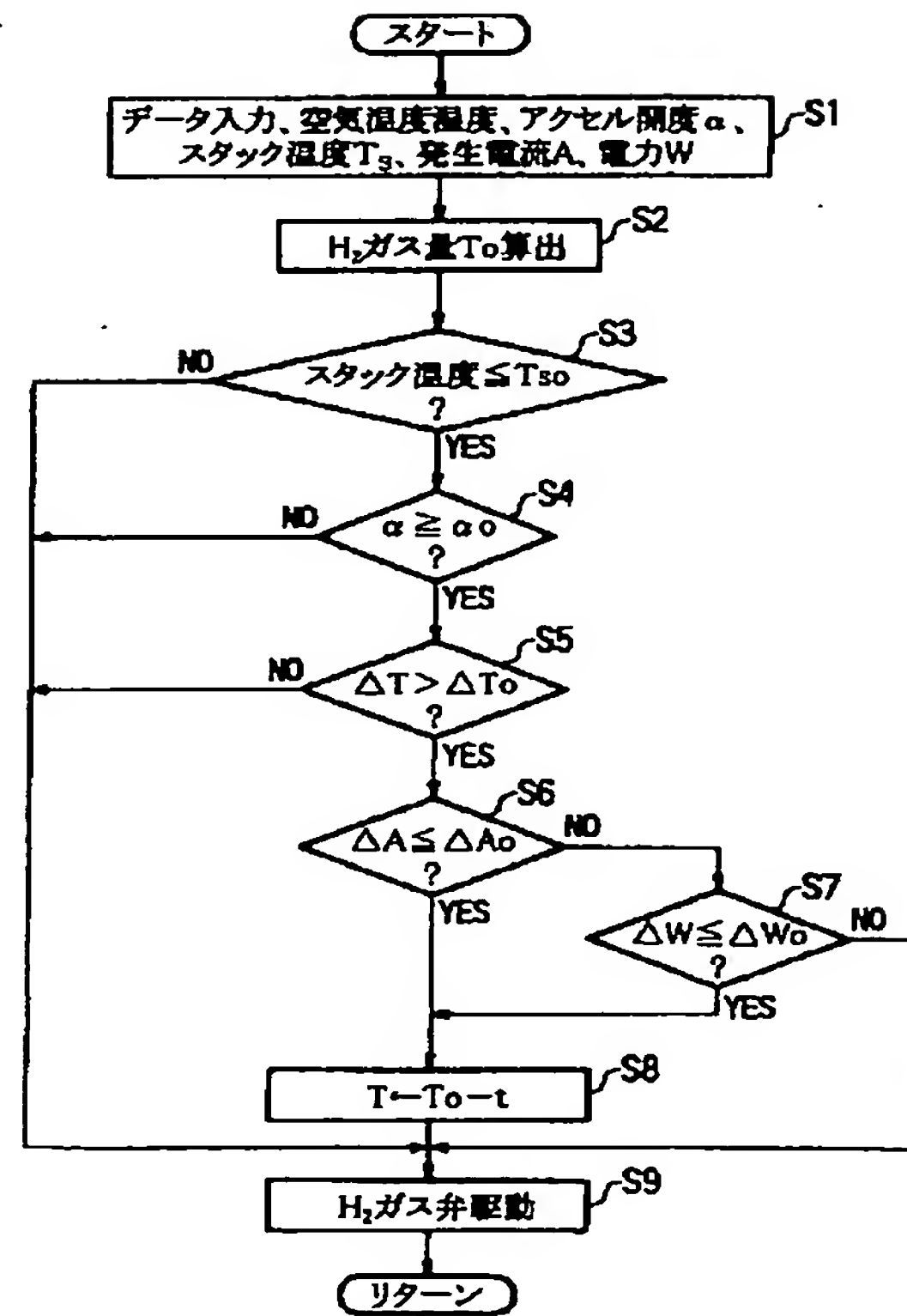
【図4】



【図5】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 稲目 力
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内

(72)発明者 渡辺 正五
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内

Fターム(参考) 5H026 AA06

5H027 AA06 BA14 BA19 CC06 KK00

KK22 KK25 KK44 KK46 KK51

KK56 MM04 MM08 MM09